



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 49 500 A 1

51 Int. Cl. 7:  
B 22 C 9/02  
B 22 C 9/20  
B 22 C 11/12  
B 22 C 15/10

21 Aktenzeichen: 199 49 500.9  
22 Anmeldetag: 14. 10. 1999  
43 Offenlegungstag: 19. 4. 2001

DE 199 49 500 A 1

71 Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

72 Erfinder:  
Frech, Rupert, 36199 Rotenburg, DE; Fröhlich,  
Bernd, 31556 Wölpinghausen, DE; Vortmann,  
Walter, 30823 Garbsen, DE; Oppermann,  
Klaus-Georg, 30900 Wedemark, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

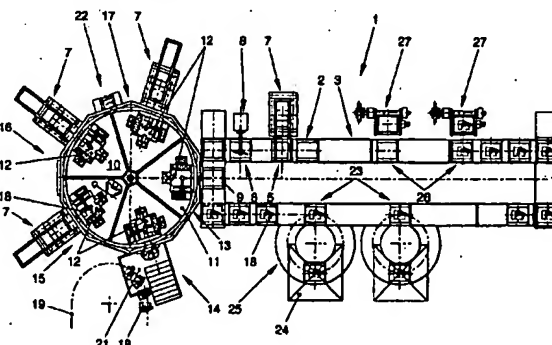
DE 36 14 610 C1  
DE 34 23 199 C1  
DE 24 29 529 C3  
US 42 24 979  
EP 02 97 761 A2

PARR, Thomas, WILHELMI, Rolf: Beitrag zum  
Vollformgießen von Eisen- und Stahlguß. In:  
Giesserei 78, 1991, Nr. 21, 14. Okt., S. 750-754;  
STANDKE, Wolfgang: Seriengußfertigung nach dem  
Vollformgießverfahren mit Schaumstoffmodellen.  
In: Giesserei 74, 1987, Nr. 1, 12. Jan., S. 4-12;  
KUHLGATZ, Carsten: Zum Stand der Technik des  
Vollformgießens von Seriengußteilen in  
binderfreiem Sand (Lost-Foam-Verfahren) am  
Beispiel der SATURN-Gießerei. In: Giesserei 81,  
1994, Nr. 22, 14. Nov., S. 803-808;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zur Serienherstellung von Metallgußteilen mit dem Lost-Foam-Verfahren

57 Es geht um ein Verfahren zur Serienherstellung von Metallgußteilen mit dem Lost-Foam-Verfahren, mit welchem die Verknüpfung der einzelnen Arbeitsschritte sichergestellt ist, bei dem aber der Hauptstrang nicht in einzelne Nebenstränge aufgeteilt werden muß, um verschiedene Arbeitsschritte parallel auszuführen. Dies gelingt, indem ein Formsandkasten (2) den einzelnen Bearbeitungsstufen: Modell einformen, Metall gießen, Gußprodukt ausformen, zugeführt wird, wobei die Zuführung des Formsandkastens (2) zu den einzelnen Bearbeitungsstufen von einem Zuführungssystem (3) mit einem festen Taktzyklus erfolgt, wobei die Bearbeitungsstufen den Formsandkasten (2) an speziellen Übergabepunkten (5, 6, 9, 23, 26) vom Zuführungssystem (3) zur Bearbeitung empfangen und am selben Übergabepunkt (5, 6, 9, 23, 26) an das Zuführungssystem (3) zurückgehen und wobei die Zuführung des Formsandkastens (2) an eine Bearbeitungsstufe und die Rückgabe des Formsandkastens (2) von dieser Bearbeitungsstufe in einer zeitlichen Reihenfolge stattfindet, wonach zunächst der bearbeitete Formsandkasten (2) entfernt und anschließend der zu bearbeitende Formsandkasten (2) zugeführt wird und die Dauer der Übergabe am Übergabepunkt (5, 6, 9, 23, 26) ein Taktzyklus ist, wobei die Übergabe jeweils in einer festgelegten Ausrichtung des Formsandkastens (2) erfolgt und wobei die Bearbeitungsstufen in Einzelschritte zerlegt sind, von denen jeder höchstens einen Taktzyklus dauert, und die Bearbeitungsstufen in so viele ...



DE 199 49 500 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Serienherstellung von Metallgußteilen mit dem Lost-Foam-Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die Serienfertigung von Metallgußteilen ist speziell im Automobilbau von allergrößtem Interesse, um bei Bauteilen mit verwickelter Geometrie die Produktionskosten pro angefertigtem Bauteil gering zu halten. Hieraus resultierte schon frühzeitig die Einführung von Serienfertigung, Bänderstraßen etc. In der Serienfertigung nach dem Stand der Technik werden z. B. einzelne Bauteile zu einzelnen Bearbeitungsstufen angeliefert. Ggf. sind die Bearbeitungsstufen linear verknüpft. Werden die zu bearbeitenden Bauteile ohne Rücksicht auf die jeweilige Bearbeitungsdauer an die jeweilige Bearbeitungsstufe angeliefert, entsteht ein Stau. Ein erster Lösungsansatz ist dann zumeist das Aufteilen des Anlieferungsstranges in mehrere Teilstränge, so daß mehrere Bearbeitungsstufen von einem Hauptstrang aus beliefert werden.

Beim Herstellen von Metallgußteilen wechseln sich zahlreiche Arbeitsgänge mit jeweils unterschiedlicher Arbeitsdauer ab. Würde man hier eine lineare Verkettung erzielen wollen, wäre eine häufige Aufteilung in Teilstränge und erneute Zusammenführung zu einem Hauptstrang ggf. von Vorteil. Dabei ist vor allen Dingen das Zusammenführen von den Teilsträngen auf einen Hauptstrang ein koordinatorisch sehr aufwendiges Problem. Zudem muß sichergestellt werden, daß zwischen Eingang und Ausgang der Bearbeitungsstufen, die in den Seitensträngen liegen, eine genau gleichartige Arbeitstaktung erfolgt, d. h., die Summe aller durchgeführten Arbeitsschritte muß jeweils exakt gleich groß sein. Diese Arbeitsweise ist entweder nur mit Maschinen durchführbar oder muß mit Leerzeiten erkaufte werden, damit unterschiedliche Arbeiter, die naturgemäß voneinander abweichende Durchführungszeiten haben, bei der späteren Zusammenführung der Nebenstränge zum Hauptstrang nicht zu einem Koordinationsproblem beitragen.

Damit stellt sich die Aufgabe, ein Verfahren zur Herstellung von Metallgußteilen zu entwickeln, mit welchem die Verknüpfung der einzelnen Arbeitsschritte sichergestellt ist, bei dem aber der Hauptstrang nicht in einzelne Nebenstränge aufgeteilt werden muß, um verschiedene Arbeitsschritte parallel auszuführen.

Diese Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Hauptanspruchs 1.

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Serienherstellung von Metallgußteilen mit dem Lost-Foam-Verfahren, bei dem ein Formsandkasten in fest vorgegebenen Taktzyklen den einzelnen Bearbeitungsstufen: "Modell einformen", "Metall gießen", "Gußprodukt ausformen", zugeführt wird. Die Erfindung hat erkannt, daß eine Aufteilung mehrstufiger Arbeitsprozesse auf Nebenstränge zur Serienfertigung von Metallgußteilen nicht nötig ist. Sie hat erkannt, daß das gesamte Produktionsverfahren in einen Serienkreislauf eingebunden werden kann. Die Erfindung nutzt die Freiheit, daß an einer bestimmten Stelle des zuliefernden Hauptstrangs ein Übergabepunkt definiert werden kann, an dem fertig bearbeitete Stücke gegen noch nicht bearbeitete Stücke ausgetauscht werden können und zwar in einem Taktzyklus, der vom Hauptstrang vorgegeben wird. Dieser Taktzyklus orientiert sich allerdings auch an der Dauer des Austausches der Werkstücke am Übergabepunkt. Die Erfindung unterteilt das Produktionsverfahren in einzelne Arbeitsschritte, die als Einzelschritte dann in einem Serienverfahren auf einem abgeschlossenen Weg abgearbeitet werden. Der abgeschlossene Weg beginnt an einem Übergabe-

punkt und endet nach dem letzten Einzelschritt wieder an diesem Übergabepunkt. Das Produktionsverfahren erfolgt sozusagen auf einem durchgehenden Hauptstrang von welchem Bearbeitungsschleifen abzweigen, die zum Abzweigpunkt zurück geführt werden, um dann im durchgehenden Hauptstrang weiterzulaufen. Innerhalb der Bearbeitungsschleifen werden die o. g. Bearbeitungsstufen abgearbeitet, die in einer vorbestimmten Weise in getaktete Einzelschritte zergliedert sind. Zur erleichterten Durchführung des hier beschriebenen Verfahrens hat die Erfindung erkannt, daß sich für die Zu- und Weiterführung auf dem Hauptstrang ein Rollenfördersystem eignet. Dies resultiert auch aus der Robustheit des zu transportierenden Gutes, nämlich Formsandkästen. Die Erfindung basiert auf der Überlegung, daß bestimmte einzelne Arbeitsschritte auch weiterhin linear auf dem Hauptstrang erfolgen können. Daher sind aus der Bearbeitungsstufe "Modell einformen" die Bearbeitungsschritte "Vorsanden mit Formsand" sowie Glätten des Formsandes in dieser Reihenfolge auf dem Hauptstrang hintereinander geschaltet. Dies ist deswegen möglich, da dies kurzzeitige Arbeitsschritte sind, die sich in einem einzigen Taktzyklus erledigen lassen. Ein einziger Taktzyklus entspricht der Bewegung des Formsandkastens auf dem Hauptstrang um eine gewisse Strecke in einer gewissen Zeiteinheit bei nachfolgendem Verweilen an dem erreichten Punkt um eine exakt vorbestimmte Zeiteinheit bis zur nächsten Vorwärtsbewegung.

Wesentlich ist, daß der Bearbeitungsschritt "Modell einformen" mit seinen zahlreichen Arbeitsschritten nicht linear auf dem Hauptstrang durchgeführt werden kann, wenn ein entsprechend hoher Durchsatz an Formsandkästen gewünscht wird. Daher ist für diesen Arbeitsschritt ein Übergabepunkt mit dem Hauptstrang vereinbart, an dem die vorgesandeten und geglätteten Formsandkästen übernommen werden. Danach wird dieser Arbeitsschritt dann in folgenden Einzelschritten ausgeführt: "Lost-Foam-Modell relativ zum Gußkasten in eine definierte Position bringen und in dieser Position einsetzen", "Einsanden des eingesetzten Lost-Foam-Modells", "Verdichten des Formsandes", "Aufüllen des durch Verdichten entstandenen Raumes", "weiteres Verdichten", "weiteres Auffüllen", "weiteres Verdichten" . . . bis das Lost-Foam-Modell fachgemäß in den Formsandkasten eingeformt ist. Die Summe dieser Einzelschritte wird auf einem in sich geschlossenen Weg abgearbeitet, der am Übergabepunkt beginnt und der nach dem letzten Arbeitsschritt "weiteres Verdichten" auch an diesem Übergabepunkt endet.

Wesentlich ist die Dauer des einzelnen Taktzyklusses, die mindestens so lang ist, wie die Dauer des längsten nicht mehr in Teilschritte zerlegbaren Einzelschrittes.

Jeder der oben aufgeführten Arbeitsschritte ist dadurch gekennzeichnet, daß seine Dauer der Dauer des Werkstück-austausches am Übergabepunkt entspricht. Weiter ist dabei bemerkenswert, daß der Formsandkasten bei der Übergabe seine Transportebene nicht verläßt. Weiterhin ergibt sich, daß die Einzelschritte, von denen der erste an einem Übergabepunkt anfängt und von denen der letzte am selben Übergabepunkt endet, einen geschlossenen Linienzug beschreiben. Folglich läßt sich der Serienfertigungsprozeß auf einer drehbaren Arbeitsbühne anordnen, die in so viele Segmente unterteilt ist, wie Einzelschritte anfallen plus einem Segment für den Übergabepunkt. Am Übergabepunkt wird der Formsandkasten auf einen speziellen Tisch, der sich auf der drehbaren Arbeitsbühne befindet, gestellt. Der nächste Taktzyklus befördert dann dieses Segment zu dem Bearbeitungsschritt: "Lost-Foam-Modell in definierte Position einsetzen". Da die Drehrichtung der Arbeitsbühne feststeht, ist der Arbeitsschritt "Lost-Foam-Modell in definierte Position ein-

setzen" örtlich festgelegt. Dies ermöglicht es, das Lost-Foam-Modell über eine separate Zuführung so anzuliefern, daß ein außerhalb der Bühne stehender Arbeiter an einem diesem Segment und Arbeitsschritt zugeordneten Arbeitsplatz das angelieferte Lost-Foam-Modell problemlos genau und positionsdefiniert in den Formsandkasten einsetzen kann. Es ist hierbei genauso möglich, daß jedem der Segmente ein Arbeiter zugeordnet ist, so daß das Lost-Foam-Modell durch die oben erwähnte Zuführungseinrichtung so an das Segment herangeführt wird, daß ein auf der Bühne stehender Arbeiter das Modell problemlos in oben erwähnter Art und Weise einsetzen kann. Die nächsten Bearbeitungsstufen "Einsanden des eingesetzten Lost-Foam-Modells" und "Verdichten des Formsandes" stehen im allgemeinen unter Beobachtung eines Arbeiters, z. B. um die zuzuführende Formsandmenge genau bestimmen zu können. Beim Arbeitsschritt "Verdichten des Formsandes" kommt die Funktion des Spezialtisches zum tragen. Dieser ist ein sogenannter Rütteltisch, d. h., daß dieser Tisch nach dem Verfüllen des Formsandkastens mit Formsand anfängt in bestimmter Weise zu schwingen, um den Formsand berührungslos zu verdichten. Damit dieser Verdichtungsprozeß höchst effektiv ist, sind die Schwingungen hochfrequent. Zunächst wird der Formsandkasten auf dem Rütteltisch fixiert. Dann wird dem Formsandkasten durch Anregung des Rütteltisches eine rhythmische hochfrequente Schwingbewegung in alle drei Raumdimensionen aufgezwungen. Die Frequenzen liegen jeweils zwischen 3000 und 12 000 Schwingungen pro Sekunde. In einem ausgeführten Beispiel werden exakt 6000 Schwingungen pro Sekunde erzeugt. Durch diese Schwingbewegungen werden den einzelnen Formsandkörnern beschreibbare 3-D-Bewegungen aufgeprägt. Diese sind allein durch ihre eigene Massenträgheit und allein durch die Kontaktkräfte zu den benachbarten Formsandkörnern bestimmt. Diese hochfrequenten Schwingungen führen im Formsand zu Fliesseffekten. Der Formsand verhält sich hierbei ähnlich einer Flüssigkeit. Dadurch wird das eingesetzte Lost-Foam-Modell komplett umflossen und bündig vom Formsand umschlossen. Der Formsand versucht dabei eine der Formsandkornstruktur und der jeweiligen Verteilung der Körnungen gemäß möglichst enge Packungsdichte zu erreichen. Die Rezeptur, die Konsistenzgebung des Formsandes bzw. die Anmischung des Formsandes erfolgt unter Berücksichtigung dieser hochfrequenten Rüttelbewegung. Hierbei muß auch berücksichtigt werden, daß sich die einzelnen Bestandteile durch das Rütteln nicht separieren, sondern eine ihrer Struktur gemäß möglichst dichte Packung im gut durchmischten Zustand annehmen. Nach dem letzten Arbeitsschritt "weiteres Verdichten" des Formsandes erreicht der Formsandkasten durch die Drehbewegung der Arbeitsbühne den Übergabepunkt. Hier erfolgt jetzt der Austausch des fertig ausgeformten Formsandkastens mit einem neuen, noch nicht ausgeformten Formsandkasten, indem der bearbeitete Formsandkasten zurück auf das Rollenfördersystem geschoben wird und sich dann weiter in Richtung zur nächsten Bearbeitungsstufe bewegt und indem dann der nächstfolgende leere Formsandkasten vom Rollenfördersystem auf den jetzt leeren Rütteltisch des leergeräumten Segmentes der Arbeitsbühne gestellt wird.

Der Formsandkasten mit dem fachgemäß eingeformten Lost-Foam-Modell wird ausschließlich von dem Rollenfördersystem zur Bearbeitungsstufe "Metall gießen" gebracht. Hier wird der Formsandkasten von einem Transportsystem übernommen und in eine Gießposition gebracht. Im selben Taktzyklus wird ein soeben vollgegossener Formsandkasten von diesem Transportsystem zurück auf den Übergabepunkt des Rollenfördersystems gestellt.

Bei der Bearbeitungsstufe "Metall gießen" werden je nach Gießverfahren unterschiedliche Transportsysteme eingesetzt.

Bei dem Schwerkraftgießverfahren wird der Formsandkasten auf einen sich in gleicher Höhe mit dem Rollenfördersystem befindlichen Rotationstisch verbracht, der den frisch aufgenommenen Formsandkasten mit einer Drehbewegung in die Metallgießposition bringt. Um das Lost-Foam-Modell im Formsand mit Metall auszugießen, schwenkt ein Eingießtrichter über die Eingußöffnung im Formsand. Aufgrund vorheriger Bearbeitung mit den einzelnen abgestimmten Arbeitsschritten "genaue Positionierung des Formsandkastens" bei der Übergabe an die Bearbeitungsstufe "Modell einformen" und dem dort in definierter Position eingesetzten Modell, befindet sich die Eingußöffnung an einer genau festgelegten Stelle innerhalb der Oberfläche im Formsandkasten, so daß hierhin eine automatisierte Einschwenkbewegung des Eingießtrichters erfolgen kann. Dieser Eingießtrichter läßt jetzt das Metall aus dem Ofen durch die Eingußöffnung einlaufen. Nach Beendigung des Gießvorgangs schwenkt dieser Eingießtrichter wieder zurück, um beim nächsten Gußvorgang wieder benutzt zu werden.

Beim Niederdruckgießen wird der Formsandkasten von einer Elektrohängebahn am Übergabepunkt vom Rollenfördersystem übernommen. Diese Elektrohängebahn fährt den Formsandkasten dann zum Niederdruckofen. Während dessen wird ein vollgegossener Formsandkasten wieder zum Übergabepunkt des Rollenfördersystems gebracht und dort abgesetzt. Am Niederdruckofen wird der Formsandkasten von der Elektrohängebahn auf den Niederdruckofen gesetzt. Der Formsandkasten wird dann mit Unterdruck beaufschlagt. Nach Erreichen des für den Gießvorgang nötigen Unterdrucks wird der Niederdruckofenzugang geöffnet und der Unterdruck zieht dann das flüssige Metall durch eine Eingußöffnung zum Lost-Foam-Modell. Nach Beendigung des Gießvorgangs wird eine eventuell bestehende Flüssigmetallsäule abgefroren.

Beide Gießverfahren werden so durchgeführt, daß die Dauer des Gußvorgangs ein ganzzahliges Vielfaches des Taktzyklusses ist. Um ein kontinuierliches Gießen zu gewährleisten, sowie um einen kontinuierlichen Transport auf dem Zuführungssystem zu erreichen, und um einen möglichen Rückstau der Formsandkästen an der Bearbeitungsstufe "Metall gießen" zu vermeiden; können der Dauer des Metallgußvorgangs, gemessen in Taktzyklen, entsprechend viele Gußvorrichtungen linear hintereinander an das Rollenfördersystem angekoppelt werden. Diese greifen dann, sobald der Dauerbetrieb erreicht ist, alle gleichzeitig auf das Rollenfördersystem zu und nehmen sich einen vollzugehenden Formsandkasten. Wenn das System aus irgendwelchen Gründen heruntergefahren wird, so vollzieht sich der letzte Arbeitsgang analog zu dem, wie er oben beschrieben wurde. Das Wiederaufahren erfordert, daß zunächst eine Anzahl von Formsandkästen, die der Anzahl der Metallgießvorrichtungen entspricht, mit gußgemäß eingeformten Modellen vor die Metallgießvorrichtungen gebracht wird. Anschließend, wenn alle Metallgießvorrichtungen vorbestückt sind, erfolgt synchrones und gleichzeitiges Zugreifen. Damit wäre der Dauerbetrieb ermöglicht.

Es ist auch vorstellbar, daß der Taktzyklus der Zulieferung der Formsandkästen zu den Metallgießvorrichtungen so bemessen wird, daß die Metallgießvorrichtungen nicht gleichzeitig auf die vor ihnen stehenden Formsandkästen auf dem Rollenfördersystem zugreifen.

Nachdem die vollgegossenen Formsandkästen auf das Rollenfördersystem zurückgestellt wurden, werden sie von diesem Rollenfördersystem über eine kleinere Wegstrecke

zur Bearbeitungsstufe "Gußprodukt ausformen" gebracht. Dies bietet den Vorteil eine gewisse, zeitgebundene Strukturbildung im Gußstück zu fördern.

Hierbei greift dann eine Ausformvorrichtung einen vollgegossenen Formsandkasten. Dieser wird dann z. B. mit einer Drehbewegung um die vom Rollenfördersystem wegzeigende Oberkante der vom Rollenfördersystem wegzeigenden Seite des Formsandkastens über einen Sandtrichter gebracht, wo dann der gesamte Inhalt hineingeschüttet wird, d. h. der Formsand einschließlich des erstarrten Metallgußteiles. Ein hinter dem Sandtrichter positionierter Roboterarm z. B. nimmt dann das in bekannter Position herausgefallene Metallgußteil auf und legt dieses in ein Kühlbecken. In der Zwischenzeit hat die Ausformvorrichtung den entleerten Formsandkasten wieder auf das Rollenfördersystem zurückgestellt. Das Rollenfördersystem verbringt den leeren Formsandkasten wieder zur Bearbeitungsstufe "Vorsanden mit Formsand". Das Kühlbecken, in das der Roboterarm das Metallgußteil getaucht hat, ist mit einer Schlammentsorgung ausgestattet, die den vom Metallgußteil abgespülten Formsand umweltgerecht zu entsorgen hilft. Nach der Abkühlphase im Kühlbecken wird das fertig gegossene Teil auf eine Fördervorrichtung für den Teilabtransport verbracht.

Bei dem Arbeitsschritt "Gußprodukt ausformen" ist darauf zu achten, daß die zur Bearbeitung zur Verfügung gestellte Zeit ein ganzzahliges Vielfaches des Taktzyklusses ist. Die Anzahl der Ausformvorrichtungen, um das Gußprodukt auszuformen, entspricht der Dauer der Bearbeitungsstufe in Taktzyklen. Analog ist es mit den dahinter angeordneten Roboterarmen sowie Abkühlbecken. Es ist hierbei allerdings vorstellbar, daß jeweils zwei Roboterarme sich ein Abkühlbecken, sofern dieses die notwendige Wärmekapazität hat, teilen.

Durch die Wiederzuführung des entleerten Formsandkastens zum Arbeitsabschnitt "Vorsanden mit Formsand" ist das System zu einem quasi Endlosband verkettet. Dies ermöglicht es, daß die Arbeitsgeräte kontinuierlich im Einsatz sind. Es ist im Gegensatz zu Einbahnsystemen mit linearer und auch meist gradliniger Fortbewegungsrichtung kein aufwendiger Rücktransport zum Ausgangspunkt nötig, sondern der Rücktransport ist eine ansich logische Schlußfolgerung des letzten Arbeitsganges und schließt sich auch zeitlich gesehen durch einen einzigen Taktzyklus als Transportzeit nahtlos an.

Als Vorrichtung zum Transport der Formsandkästen zu den einzelnen Bearbeitungsstufen wird ein Rollenfördersystem benutzt. Dieses Rollenfördersystem verkettet die einzelnen Bearbeitungsstufen zu einem Endlosband. Dabei sind zu jeder Bearbeitungsstufe Übergabepunkte definiert. An diesen Übergabepunkten wird der Formsandkasten jeweils zur Bearbeitung abgegeben und nach der Bearbeitung zum Weitertransport zurückgenommen. Einzelne Bearbeitungsstufen, so ausgelegt, daß sie eine Bearbeitungsdauer von einem Taktzyklus haben, sind direkt an das Rollenfördersystem angebunden. Für diese Bearbeitungsstufen liegen Übergabe- und Bearbeitungspunkt auf dem Rollenfördersystem und sind identisch. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel trifft dies für die beiden Bearbeitungsstufen "Vorsanden mit Formsand" und "Glätten des Formsandes" zu.

Der gesamte Zyklus der Bearbeitungsstufe "Modell einformen" ist auf eine an das Rollenfördersystem angekoppelte, mehrfach unterteilte Drehbühne ausgelagert. Die Drehbühne ist hierbei in so viele Segmente aufgeteilt, daß die Anzahl der Segmente der Bearbeitungsdauer des fachgemäßen Lost-Foam-Modell-Einformens in Taktzyklen entspricht plus einem Segment für den Formsandkastenaustausch. Jedes der Segmente ist mit einem speziellen Tisch ausgestattet, auf welchen der Formsandkasten bei der Über-

nahme vom Rollenfördersystem auf das Segment der Drehbühne gestellt wird. Dieser Spezialtisch wird im folgenden Rütteltisch genannt.

An der Außenseite der Drehbühne sind Zuführungseinrichtungen angeordnet, deren An- und Aufbau den einzelnen Bearbeitungsschritten und der Segmententeilung der Drehbühne entspricht. Im hier geschilderten Ausführungsbeispiel ist es vorgesehen, daß sich die Drehbühne im Uhrzeigersinn dreht.

Die folgenden Ausführungen betreffen eine mögliche Ausgestaltung der Drehbühne:

In jedem Segment ist eine Arbeitsbühne vorgesehen. Alle Segmente sind gleich ausgestattet. Die Segmente drehen sich von Position zu Position mit der darauf befindlichen Arbeitsbühne. In jeder Position reicht eine auf den jeweiligen Einzelschritt abgestimmte Zuliefernvorrichtung an das vorbezeichnete Segment heran. An das erste Segment reicht eine Modelltransportvorrichtung heran, die im angekoppelten Taktzyklus "Lost-Foam-Modelle" zum Bearbeitungsschritt "Lost-Foam-Modell in definierter Position einsetzen" zuliefert.

Dem nächsten Bearbeitungsschritt "Einsanden des eingesetzten Lost-Foam-Modells" ist außenseitig ein Formsandbunker mit Zuführungseinrichtung zugeordnet.

Während im Bearbeitungsschritt "Einsanden des eingesetzten Lost-Foam-Modells" der Sand aus dem Formsandbunker in den Formsandkasten verfüllt wird, tritt der Rütteltisch in Aktion. Der Rütteltisch hat die Funktion, rhythmische in allen drei Raumdimensionen stattfindende Schwingungsbewegungen auf den Formsandkasten zu übertragen. Dadurch wird den einzelnen Formsandkörnern eine allein durch ihre eigene Massenträgheit und allein durch die Kontaktkräfte zu den benachbarten Formsandkörnern beschreibbare 3-D-Bewegung aufgeprägt. Diese wird in den Formsand durch die rhythmische Anregung zur Schwingungsbewegung des ihn umgebenden Kastens eingekoppelt. Die eingekoppelte Schwingung liegt dabei zwischen 3000 und 12 000 Hz. Dadurch treten im Formsand Effekte auf, die ihn mit einer Flüssigkeit vergleichbar machen. Der Formsand umfließt dadurch das eingeformte Modell und füllt sämtliche durch die Schüttung nicht erreichbaren Hohlräume auf. Bei der Formsandmischung wurde darauf geachtet, daß durch die Rüttelbewegung keine Separation der einzelnen Bestandteile stattfindet, sondern daß die einzelnen Bestandteile in der Mischung einen der möglichst dichtesten Packungszustände annehmen. Der Rütteltisch besteht dabei im Prinzip aus einem Gestell, auf dem die Vibrationseinheit befestigt ist. Dabei wird darauf geachtet, daß die Vibrationseinheit so am Gestell befestigt wird, daß sie möglichst keine Schwingungen auf das Gestell überträgt. Dies dient der Stabilisierung des Gestells und soll mögliche Schwingungsschäden an der Drehbühne verhindern. Dadurch wird verhindert, daß sich die Schwingungen aus der Vibrationseinheit auf das Gestell übertragen. Folglich können sich Schwingungen durch die Drehbühne nicht fortpflanzen und in den anderen Rütteltischen zu überlagerten Schwingungen und entsprechenden eventuell auch ausgeführten Schwingungskatastrophen führen.

Die Vibrationseinheit kann sich dabei wie folgt aufbauen: An den Ecken des Gestells sind obenauf vier Luftfedern aufgesetzt, die neben ihrer Federwirkung auch noch zusätzlich höhenverstellbar angesteuert werden können. Die Luftfedern sind dabei so angeordnet, daß sie von einer Einhüllenden umschrieben werden können, die einer gleichmäßigen Vergrößerung der Grundfläche des Formsandkastens entspricht. Auf die Luftfedern ist eine schwingungsberuhigte Stahlplatte aufgebracht, welche das Basisgestell für eine Vibrationseinheit bildet. Zur weiteren Schwingungsverstei-

fung sind auf der Stahlplatte zwei ca. 30 cm aufragende Doppel-T-Träger aufgebracht. Unterhalb der Stahlplatte sind vier Unwuchtvibratoren angebracht, die mittig in der Fläche zwischen den vier Luftfedern sitzen. Oben auf den T-Trägern ist ebenfalls eine schwingungsberuhigte Stahlplatte aufgesetzt. Auf der Stahlplatte ist eine Vorrichtung angebracht, die den Formsandkasten nach dem Aufsetzen auf die obere Stahlplatte des Rütteltisches durch Anpreßdruck fest mit dieser verbindet.

Auf der der Zulieferseite des Formsandkastens gegenüber liegenden Seite ist ein höhenverstellbares aus zwei Unwuchtvibratoren bestehendes schwingerzeugendes System eigenvibrationsarm befestigt. Auf der rechten oder linken dazu senkrechten Seitenfläche ist nochmals ein solches System an der oberen Stahlplatte befestigt. Durch die Höhenverstellbarkeit läßt sich erreichen, daß die resultierenden Erregerkräfte der Horizontalschwingungen möglichst genau im Massenschwerpunkt des Systems eingreifen. Dieser Massenschwerpunkt entfernt sich mit zunehmender Verfüllung des Formsandkastens mit Formsand vom Boden des Formsandkastens. Um die Übertragung von Schaukelbewegungen des Formsandkastens auf den Vibrationstisch zu verhindern, werden die Unwuchtvibrationssysteme mit dem Massenschwerpunkt mit- bzw. nachgeführt. Eine andere Möglichkeit ist es, durch Versuchsmessungen die optimale Befestigungshöhe der Unwuchtvibrationssysteme herauszufinden, so daß eine Nachführung mit dem wandernden Schwerpunkt nicht nötig ist.

Die drei hier erwähnten Unwuchtvibrationssysteme erzeugen jeweils für sich Schwingungen nur in eine Raumrichtung. Das Unwuchtvibrationssystem, das unter der unteren Stahlplatte angebracht ist, sorgt dafür, daß nur Schwingungen in vertikaler Richtung ausgeführt werden. Die beiden Unwuchtvibrationssysteme an den Seitenflächen sorgen jeweils für sich für Schwingungsbewegungen vor und zurück zur Platte, deren Bewegungsrichtungen sich kreuzen. Im Sinne eines dreidimensionalen Koordinationssystems vollzieht daher das eine Unwuchtvibrationssystem nur Schwingungen in X-Richtung, das andere seitlich angeordnete Unwuchtvibrationssystem nur Schwingungen in Y-Richtung und das unter der unteren Platte angeordnete Unwuchtvibrationssystem nur Schwingungen in Z-Richtung. Die beiden seitlich angeordneten Unwuchtvibrationssysteme sind baugleich ausgeführt. Jedes Unwuchtvibrationssystem besteht aus zwei miteinander gekoppelten Teilsystemen, die gegenläufig betrieben werden. Durch die Gegenläufigkeit der Bewegung wird erreicht, daß sich die Unwucht des Systems mit einer Resultierenden in eine einzige Richtung addiert und ansonsten neutralisiert. Die Kopplung der beiden Unwuchtvibratoren kann dabei z. B. durch einen doppelseitigen Zahnriemen erfolgen. Dieser wird zur zusätzlichen Sicherheit über eine Spann- und Umlenkrolle geführt. Da alle Unwuchtvibrationssysteme zeitgleich arbeiten, wirken selbstverständlich sämtliche erregten Schwingungen auch auf die Unwuchtvibrationssysteme. Dadurch ist es nötig, daß die Unwuchtvibratoren so gelagert werden, daß die Vibratorwelle von allen auftretenden Kräften frei gehalten wird. Deswegen ist für jede Welle eine umfangreiche Axial-Radial-Lagerung nötig, welche einerseits die Radialkräfte der eigenen Unwuchterregung aufnimmt und andererseits zusätzlich die in Längsrichtung der eigenen Vibratorwelle liegenden Unwuchtkräfte der anderen Unwuchtvibrationssysteme über ein Axiallager abträgt. Dies wird dadurch erreicht, daß das Ende der Welle, welches durch die Zahnriemensteuerung fixiert ist, durch ein Axiallager abgetragen wird, und das andere Ende jeweils für sich durch ein Radiallager abgefangen wird. Zwischen den Unwuchtexzentern des Vibrators und dem durch die Zahnriemensteuerung fi-

xierten Ende der Vibratorwelle ist z. B. ein doppelreihiges Axiallager eingesetzt.

Das Radiallager, das am oberen Ende der Vibratorwelle angebracht ist, besteht hierbei aus zwei konzentrisch um die Vibratorwelle angeordneten Ringen, die einen Zwischenraum aufweisen. Im Zwischenraum dieser Ringe bewegen sich die Wälzkörper auf einer konzentrischen Kreisbahn um die Vibratorwelle.

Die Wälzkörperrotationsachse der Wälzkörper im Radiallager liegt parallel zur Rotationsachse der Vibratorwelle.

Das doppelte Axiallager besteht aus drei übereinander angeordneten, mit Zwischenraum versehenen Ringscheiben, die eine Mittelöffnung aufweisen, durch die die Vibratorwelle geführt ist. Zwischen den Ringscheiben rollen auf Kreisbahnen um die Vibratorwelle Wälzkörper, deren Rollrichtung senkrecht zur Mittelachse der Vibratorwelle steht.

Bei der Kopplung von zwei Unwuchtvibratoren im Sinne gegenläufiger Drehrichtung wird der doppelseitige Zahnriemen so geführt, daß er mit seiner Innenseite über eine Spann- und Umlenkrolle sowie um die Welle eines der Unwuchtvibratoren läuft, und mit seiner Außenseite den angekoppelten Unwuchtvibrator teilweise so umschlingt, daß er diesen in die entgegengesetzte Drehrichtung versetzt.

Das Unwuchtvibrationssystem unterhalb der Basisplatte besteht aus insgesamt vier Unwuchtvibratoren, von denen jeweils zwei mit einer Bovex-Kupplung verbunden sind und deren Unwuchtexzenter gleich ausgerichtet sind. Die Kopplung der beiden Unwuchtvibratorenpaare erfolgt auch hier wieder über einen doppelseitigen Zahnantrieb. Die Stellung der Unwuchtexzenter der beiden Vibratorenpaare zueinander entspricht der bei den horizontalen Unwuchtvibrationssystemen. Das Abfangen der auftretenden Kräfte erfolgt auch hier wieder über Axial-Radial-Lagerung, die analog ist zu der Lagerung in den horizontalen Unwuchtvibrationssystemen. Die jeweils mit ihrer Vibratorwelle parallel liegenden Unwuchtvibratoren werden gemeinsam von einer Synchronmaschine angetrieben und zusätzlich über den Zahnriemen synchronisiert. Um die Lager- und Dämpfungssysteme wirkungsvoll vor Schmutz zu bewahren, sind alle Systeme jeweils für sich von Gehäuseflächen dicht umschlossen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert:

Fig. 1 Seriengießanlage,

Fig. 2 Rütteltisch in Seitenansicht,

Fig. 2a Ansicht der Fig. 2 in Richtung IIa-IIa,

Fig. 3 Unwuchtvibratorensystem,

Fig. 3a axiale Aufsicht zu Fig. 3,

Fig. 4 schematische Darstellung des Unwuchtvibrationssystems.

In Fig. 1 ist eine mögliche Ausgestaltung zur Durchführung des Verfahrens gezeigt.

Fig. 1 zeigt eine Seriengießanlage 1 nach dieser Erfindung. Eine derartige Seriengießanlage weist die folgenden Bearbeitungsstufen auf: "Vorsanden des Formsandkastens", "Modell einformen", "Metall gießen", "Gußprodukt ausformen". Alle Bearbeitungsstufen werden durch das Rollenfördersystem 3 verbunden. Auf diesem Rollenfördersystem 3 werden die Formsandkästen 2 in fest vorgegebenen Taktzyklen den einzelnen Bearbeitungsstufen: "Modell einformen", "Metall gießen", "Gußprodukt ausformen", zugeführt. Das Rollenfördersystem 3 verkettet alle Bearbeitungsstufen zu einem Endlosband. Den Anfang dieses Bandes legt die Bearbeitungsstufe "Vorsanden am Übergabepunkt 5" fest. Der "Übergabepunkt Vorsanden 5" ist mit dem Bearbeitungspunkt "Vorsanden des Formsandkastens 2" identisch. Er liegt auf dem Rollenfördersystem 3. Die Dauer des Bearbeitungsschrittes "Vorsanden" beträgt einen Taktzy-

klus. Hierbei wird der Formsand aus einem am Außenrand des Rollenfördersystems 3 stehenden Formsandvorratsbehälter 7 am "Übergabepunkt Vorsanden 5" in den Formsandkasten 2 geschüttet. Der nächste Bearbeitungsschritt ist das Glätten des Formsandes. Dieser Arbeitsschritt findet am "Übergabepunkt Glätten 6" statt. Auch dieser "Übergabepunkt Glätten 6" ist mit dem Arbeitspunkt identisch und liegt auf dem Rollenfördersystem 3. Zum Glätten steht am Außenrand des Rollenfördersystems 3 am "Übergabepunkt Glätten 6" ein Glättautomat 8, der das Glätten des Formsandes innerhalb des Formsandkastens 2 in einem Taktzyklus durchführt.

Vom "Übergabepunkt Glätten 6" wird der Formsandkasten 2 mittels des Rollenfördersystems 3 zum "Übergabepunkt Modell einformen 9" gebracht. An dem "Übergabepunkt Modell einformen 9" ist die Bearbeitungsstufe "Modell einformen" an das Rollenfördersystem 3 angekoppelt. Der Formsandkasten 2 wird an dieser Stelle von dem Rollenfördersystem 3 auf die Drehbühne 10 in ein Segment 11 auf den Rütteltisch 12 gestellt. Die Drehbühne 10 läßt sich im hier dargestellten Ausführungsbeispiel in fünf Funktionssegmente unterteilen. Die fünf Funktionssegmente sind:

– das Austauschsegment 13,

hier werden – in dieser Reihenfolge – die Formsandkästen 2 mit dem gußgemäß eingeformten Modell 18 am "Übergabepunkt Modell einformen 9" auf das Rollenfördersystem 3 zurückgestellt, und ein noch nicht eingeformter sondern lediglich mit Formsand vorgesandeter und geglätteter Formsandkasten 2 auf den Rütteltisch 12 gestellt;

– das Modell einsetzen Segment 14

hier wird das Modell 18, das von einem Transportsystem 19 zum "Modell einsetzen Segment 14" gebracht wird, von einem Modelleinsetzer 20, der außerhalb der Drehbühne 10 auf einem Podest 21 steht, in einer vorbestimmten Position und Ausrichtung in den Formsandkasten 2 eingesetzt;

– das Vorsanden Segment 15,

hier wird der Formsandkasten 2 mit dem ausgerichtet eingesetzten Modell 18 aus einem außerhalb der Drehbühne 10 befindlichen Formsandvorratsbehälter 7, mit Formsand gefüllt. Der Formsandvorratsbehälter 7 ist örtlich dem "Vorsanden Segment 15" zugeordnet. Währenddessen versetzt der Rütteltisch 12 den Formsandkasten 2 in rhythmische hochfrequente Schwingungen in alle drei Raumdimensionen. Auf diese Weise kann der Formsand in einem einer Flüssigkeit ähnlichen Zustand um das Modell fließen. Diese Schwingungen ermöglichen es dem separationsfest gemischten Formsand auch, die seinen Bestandteilen entsprechend möglichst große Packungsdichte einnehmen;

– das Nachsanden Segment 16,

hier wird aus einem außerhalb der Drehbühne 10 stehenden Formsandvorratsbehälter 7, der dem Nachsanden Segment 16 örtlich zugeordnet ist, weiterer Formsand in den Formsandkasten 2 eingefüllt. Dieser weitere Formsand füllt den durch die vorangegangene Rüttelverdichtung entstandenen Leerraum im oberen Bereich des Formsandkastens 2 auf, wobei auch hier der Rütteltisch dem Formsandkasten 2 wieder rhythmische in alle drei Raumdimensionen stattfindende hochfrequente Schwingungen aufprägt, die den Formsand weiter verdichten;

– das Fertigsanden Segment 17,

hier wird der durch die Rüttelbewegung und das Verdichten des Formsandes im Formsandkasten 2 entstandene Hohlraum im oberen Bereich des Formsandka-

stens 2 mit Formsand aus einem weiteren Formsandvorratsbehälter 7 auffüllt, der außerhalb der Drehbühne 10 ortsfest dem Fertigsanden Segment 17 zugeordnet ist.

Zwischen den Formsandvorratsbehältern 7 des "Nachsanden Segments 16" und des "Fertigsanden Segments 17" befindet sich ein Drehantrieb 22, der die Drehbühne 10 taktzyklusweise dreht, so daß mit jedem Taktzyklus jedes physikalische Segment der Drehbühne 10 zu einem neuen Funktionssegment gebracht wird. Jeder der einzelnen Bearbeitungsschritte in einem der Funktionssegmente dauert nicht länger als einen Taktzyklus.

Nach dem Überstellen des Formsandkastens 2 mit dem gußgemäß eingeformten Modell 18 auf das Rollenfördersystem 3 am "Übergabepunkt Modell einformen 9" wird dieser Formsandkasten 2 vom Rollenfördersystem 3 in genau bestimmter Ausrichtung zur Bearbeitungsstufe "Metall gießen" gebracht.

An der Bearbeitungsstufe "Metall gießen" sind eine oder mehrere Metallgießanlagen 24 mit jeweils zugeordneten Transportvorrichtungen 25 am "Übergabepunkt Metall gießen 23" an das Rollenfördersystem 3 angekoppelt.

Bei der Bearbeitungsstufe "Metall gießen" gibt es unter anderem die Ausgestaltung, daß die Metallgießanlage 24 zum Schwerkraftgießen ausgerüstet ist. Dementsprechend ist die Transportvorrichtung 25 darauf abgestellt. Sie ist in dem Fall ein Rotationstisch, der den Formsandkasten 2 auf gleicher Ebene, auf der das Rollenfördersystem 3 den Formsandkasten 2 transportiert, übernimmt und dann durch eine einfache Drehbewegung unter den Gießofen bringt. Gleichzeitig wurde mit der Drehbewegung auf der entgegengesetzten Seite der Transportvorrichtung 25 ein vollgegosser Formsandkasten 2 am "Übergabepunkt Metall gießen 23" wieder auf das Rollenfördersystem 3 zurückgestellt.

Nachdem die Transportvorrichtung 25 in ihrer Ausführung als Drehtisch den Formsandkasten 2 unter die zum Schwerkraftgießen ausgebildete Metallgießanlage 24 gestellt hat, schwenkt diese einen Einfülltrichter über den Formsandkasten 2. Der Einfülltrichter endet mit seiner Ausgußöffnung über dem in den Formsand eingearbeiteten Einguß. Durch das im "Modell einsetzen Segment 14" positionsgenaue und ausgerichtete Einsetzen des Modells 18 ist der Einguß im Formsand für jeden angelieferten Formsandkasten 2 an der gleichen Stelle. Dadurch kann der gesamte Einschwenkvorgang des Eingußtrichters und das Einfüllen der heißen Metallmasse in den Formsandkasten 2 automatisiert werden. Nach dem Gießvorgang schwenkt der Einfülltrichter wieder vom Formsandkasten 2 weg und der Drehtisch bringt den Formsandkasten 2 zum "Übergabepunkt Metall gießen 23" zum Zurückstellen auf das Rollenfördersystem 3.

In einer anderen Ausführung ist die Metallgießanlage 24 als Niederdruckofen ausgeführt. D. h. die Metallmasse wird durch Unterdruck in den Formsandkasten 2 gezogen. Dementsprechend ist die Transportvorrichtung 25 als Elektrohängebahn ausgebildet. Diese Elektrohängebahn übernimmt am "Übergabepunkt Metall gießen 23" vom Rollenfördersystem 3 den Formsandkasten 2. Diesen stellt sie dann auf den Niederdruckofen. Nach dem druckdichten Verkoppeln des Formsandkastens 2 mit der Metallgießanlage 24 in Form eines Niederdruckofens wird der Formsandkasten 2 mit einer Saugereinheit verkoppelt. Diese Saugereinheit beaufschlagt den Formsandkasten 2 mit Unterdruck. Nach Erreichen des zum Niederdruckguß nötigen Unterdrucks im Formsandkasten 2 wird der Niederdruckofen geöffnet. Durch den Unterdruck im Formsandkasten 2 wird die heiße Metallschmelze in den Formsandkasten 2 gezogen und füllt die im Formsand durch

das Modell 18 reservierte Form aus.

Der beim Niederdruckgießen technisch bedingte Restgußstrang unterhalb des Formsandkastens 2 wird anschließend abgefroren. Nach dem Gußprozeß bringt die Transportvorrichtung 25 in ihrer Ausprägung als Elektrohängebahn den Formsandkasten 2 in vollgegossenem Zustand zum "Übergabepunkt Metall gießen 23" und stellt ihn dort zurück auf das Rollenfördersystem 3.

Der Gußprozeß dauert ein ganzzahliges Vielfaches des Taktzyklusses. Daher ist es vorteilhaft, eine der Dauer des Gießvorgangs entsprechende Anzahl an Metallgießanlagen 24 nebeneinander mit separaten "Übergabepunkten Metall gießen 23" an das Rollenfördersystem 3 anzukoppeln. Durch gleichzeitigen Zugriff aller Transportvorrichtungen 25 ist dann ein im Taktzyklus getaktetes Seriengießen möglich. Es ist ohne weiteres vorstellbar, daß jede Metallgießanlage 24 über ihre Transportvorrichtung 25 an ihrem "Übergabepunkt Metall gießen 23" auf den zu gießenden Formsandkasten 2 auf dem Rollenfördersystem 3 zugreift, jedoch ist hier dann eine genaue Abstimmung zwischen den einzelnen Metallgießanlagen 24 nötig.

Sowohl beim Gießen, als auch beim Zurückstellen des Formsandkastens 2 durch die Transportvorrichtung 25 am "Übergabepunkt Metall gießen 23" auf das Rollenfördersystem 3 ist eine genaue Ausrichtung des Formsandkastens 2 zu beachten. Das Rollenfördersystem 3 transportiert jetzt den Formsandkasten 2 zur Bearbeitungsstufe "Gußprodukt ausformen". Die Bearbeitungsstufe "Gußprodukt ausformen" ist über den "Übergabepunkt Gußprodukt ausformen 26" an das Rollenfördersystem 3 gekoppelt. Am "Übergabepunkt Gußprodukt ausformen 26" wird der Formsandkasten 2 durch eine Ausformvorrichtung 27 vom Rollenfördersystem 3 genommen. Die Ausformvorrichtung 27 entfernt sowohl das Gußstück als auch den Formsand aus dem Formsandkasten 2. Nach dem Entfernen von Formsand und Gußprodukt aus dem Formsandkasten 2 stellt die Ausformvorrichtung 27 den Formsandkasten 2 am "Übergabepunkt Gußprodukt ausformen 26" in genauer Ausrichtung auf das Rollenfördersystem 3. Der Bearbeitungsschritt "Gußprodukt ausformen" hat eine Bearbeitungsdauer entsprechend einem ganzzahligen Vielfachen eines Taktzyklusses. Es ist daher vorteilhaft, eine der Bearbeitungsdauer in Taktzyklen entsprechende Anzahl von Ausformvorrichtungen 27 längsseitig mit jeweils zugehörigem "Übergabepunkt Gußprodukt ausformen 26" an das Rollenfördersystem 3 anzukoppeln. Hierbei bietet es sich analog zu der Bearbeitungsstufe "Metall gießen" an, daß alle Ausformvorrichtungen 27 zeitgleich an ihrem jeweiligen "Übergabepunkt Gußprodukt ausformen 26" auf den dann vor ihnen stehenden Formsandkasten 2 zugreifen. Es ist selbstverständlich auch möglich, daß die Ausformvorrichtung 27 am "Übergabepunkt Gußprodukt ausformen 26" unabhängig von den anderen Ausformvorrichtungen 27 auf einen vollgegossenen Formsandkasten 2 zugreift. Allerdings ist dann für die nötige Abstimmung mit den davor, dazwischen oder dahinter liegenden Ausformvorrichtungen 27 zu sorgen. Nach dem Zurückstellen des Formsandkastens 2 am "Übergabepunkt Gußprodukt ausformen 26" auf das Rollenfördersystem 3 transportiert das Rollenfördersystem 3 den Formsandkasten 2 zum "Übergabepunkt Vorsanden 5". Das Endlosband ist geschlossen.

In der Anfahrphase der Seriengießanlage ist es, um das zeitgleiche Zugreifen der Transportvorrichtung 25 der Metallgießanlage 24 auf den Formsandkasten 2 am "Übergabepunkt Metall gießen 23" zu ermöglichen, von Vorteil, wenn die der Anzahl der Metallgießanlage 24 entsprechende Anzahl an Formsandkästen 2 zu den entsprechenden "Übergabepunkten Metall gießen 23" mit gußfertig eingeformten

Modellen 18 gebracht wird, bevor der Zugriffsmechanismus für die Transportvorrichtungen 25 aktiviert wird. Analoges gilt dann selbstverständlich für die Ausformvorrichtungen 27 am "Übergabepunkt Gußprodukt ausformen 26".

In Fig. 2 ist der Rütteltisch 12 dargestellt.

Der Rütteltisch 12 besteht aus einem Rahmengestell 30 mit einer in der Mitte befindlichen durchgreifenden Öffnung 31. Diese Öffnung 31 dient zur Aufnahme des vertikalen Unwuchtvibrationssystems 32. Auf dem Gestellrahmen 30 sind vier Luftkissenfedern 33 angebracht, deren eingeschriebene Fläche einem verhältnismäßigen Vielfachen der Grundfläche des Formsandkastens 2 entspricht. Auf den vier Luftkissenfedern 33 liegt die Grundplatte 34 auf welcher das Vibrationssystem 43 aufgebaut ist. Diese Grundplatte 34 ist verwindungssteif ausgeführt. Sie überdeckt die gesamte Fläche. Sie entspricht in Form und Größe dem Rahmengestell 30. Unterhalb der Grundplatte 34 ist in einem Gehäuse 35 das vertikale Unwuchtvibrationssystem 32 angebracht. Auf der Grundplatte 34 sind drei nebeneinanderliegende längsseitig ausgerichtete Doppel-T-Träger 36 zur weiteren Versteifung der Grundplatte 34 angebracht. Auf den Doppel-T-Trägern 36 ist eine Tragplatte 37 befestigt. Die Tragplatte 37 schließt bündig mit den Stirnseiten der Doppel-T-Träger ab. An den Stirnseiten der Doppel-T-Träger 36 sind Stimplatten 38 zur weiteren Verfügung angebracht.

An einer der Stirnseiten ist an der Außenseite ein Kasten 39 befestigt, in dem sich eines der beiden horizontalen Unwuchtvibrationssysteme 40/41 befindet. Dieser Kasten 39 mit den darin enthaltenen horizontalen Unwuchtvibrationssystemen 40 bzw. 41 ist höhenverstellbar an der Stimplatte 38 befestigt. Dies dient der Positionierung des horizontalen Unwuchtvibrationssystems 40 bzw. 41 in einer geeigneten Höhe, damit der durch das Auffüllen mit Formsand mit einem wandernden Schwerpunkt belastete Formsandkasten 2 durch die horizontalen Schwingungsaufprägungen nicht oder nur minimal in eine Schaukelbewegung gerät. Mit einigem technischen Aufwand ist es allerdings auch möglich, das horizontale Unwuchtvibrationssystem 40 bzw. 41 dem beim Auffüllen des Formsandkastens 2 nach oben wandernden Schwerpunkt kontinuierlich nachzuführen. Insgesamt sind zwei Kästen 39 an der Grundplatte 37 befestigt. In dem weiteren Kasten 39 befindet sich das zweite der horizontalen Unwuchtvibrationssysteme 40 bzw. 41. Die beiden Kästen 39 sind eigenvibrationsunfähig/-arm an der Stimplatte 38 bzw. Grundplatte 37 befestigt. Zusätzlich ist auf der Grundplatte 37 eine Fixiervorrichtung 42 angebracht: Diese hat die Funktion, den Formsandkasten 2 durch geeigneten Anpreßdruck fest auf der Grundplatte 37 zu fixieren.

In Fig. 3 ist eine der erfindungsgemäßen Ausgestaltungen des horizontalen Unwuchtvibrationssystems 40 bzw. 41 dargestellt.

Das Unwuchtvibrationssystem 40 bzw. 41 besteht aus zwei Unwuchtvibratoren 50.

Der Unwuchtvibrator 50 beschreibt sich wie folgt:

Eine Vibratorwelle 51 ist an ihrem oberen Ende in einem Zwischenlager 53 des Unwuchtvibrators 50 mittels eines Radiallagers 52 fixiert. Das Radiallager 52 besteht aus zwei konzentrisch um die Rotationsachse 57 der Vibratorwelle 51 verlaufenden Radiallagerhülsen 54 bzw. 55, die voneinander beabstandet sind. Zwischen den beiden Radiallagerhülsen 54 und 55 drehen sich Wälzkörper 56 in einer konzentrischen Kreisbewegung um die Rotationsachse 57 der Vibratorwelle 51, wobei die Wälzkörperrotationsachse 58 parallel zur Rotationsachse 57 der Vibratorwelle 51 verläuft. Der abtriebsseitige Teil der Vibratorwelle 51, der dem Radiallager 52 nachgeordnet ist, verzweigt sich in drei Stufen: 59, 60 und 61. Auf der zweiten Stufe 60, die sich bündig an die erste Stufe 59 anschließt, sitzt der Unwuchtexzenter 64 des Un-

wuchtvibrators 50. Unterhalb des Unwuchtexzenter 64 schließt sich eine Nutmutter 66 an. Unterhalb der Nutmutter befindet sich die Axiallageraufnahme 65, die von der Nutmutter 66 und der weiteren Nutmutter 72 zusammengehalten wird. In der Axiallageraufnahme 65 befindet sich das Axiallager 70. Das Axiallager 70 besteht aus einer Buchse 77 und einem daneben angeordneten Labyrinthring 78 sowie einer unten liegenden Buchse 79 und einem unteren Labyrinthring 68. Zwischen den oben liegenden Buchsen 77 und dem Labyrinthring 78 sowie der unten liegenden Buchse 79 und dem zugehörigen Labyrinthring 68 befindet sich das eigentliche Axiallager 70, das aus drei Scheiben besteht, nämlich der oberen Wellenscheibe 69, der Zwischenscheibe 80 und der unteren Wellenscheibe 81. Die Wellenscheiben 69, 80, 81 sind konzentrisch flache Scheiben um die Vibratorwelle 51. Zwischen der Zwischenscheibe 80 und den Wellenscheiben 69 und 81 sind jeweils die Wälzkörper 71 eines zugeordneten Axiallagers. Diese Wälzkörper 71 laufen auf konzentrischen Kreisbahnen um, welche zwischen den Wellenscheiben 69 und 81 und der Zwischenscheibe 80 ausgebildet sind. Dabei liegt die Rotationsachse der Axialwälzkörper 71 senkrecht zur Rotationsachse 57 der Vibratorwelle 51. An der unteren Seite wird das Axiallager 70 von einem Lagerdeckel 62 abgeschlossen. Unterhalb der Nutmutter 72 verjüngt sich die Vibratorwelle 51 auf die dritte Stufe 61. Hierdurch entsteht ein Zapfen 82, auf dem ein Zahnrad 67, in das der Doppelzahnriemen 63 eingreift, angebracht ist. Das Zahnrad 67 besitzt einen zentralen Zahnkranz sowie einen äußeren Zahnraddeckel 83 und einen inneren Zahnraddeckel 84. Das Zahnrad 67 ist mittels eines doppelten Konusspannelements 91 über eine Nutmutter mit einer Sicherheitsscheibe 92 an der Vibratorwelle 51 axial verspannt. Der Doppelzahnriemen 63 wird von einer Spannrolle 93 auf Vorspannung gehalten, die über einen Schwenkhebel 97 beweglich ist, wobei an dem Schwenkhebel 97 die Spannrollenwelle 98 befestigt ist. Die Spannrolle 93 besitzt einen äußeren Spannrollendeckel 90 sowie einen inneren Spannrollendeckel 89. Dazwischen ist der vom Doppelzahnriemenband 63 bedeckte Zahnkranz angeordnet.

In Fig. 3a ist das Unwuchtvibrationssystem 40 bzw. 41 von unten zu sehen. Hier ist gezeigt, daß der Doppelzahnriemen 63 auf der Spannrolle 93 und auf dem Zahnrad 67 des rechten Unwuchtvibrators 50 aufgespannt ist und dort mit seinen innen liegenden Zähnen eingreift, während er mit seinen außen liegenden Zähnen in das Zahnrad 67 des linken Unwuchtvibrators 50 greift. Durch den Schwenkhebel 97 wird die Spannrolle 93 soweit verschwenkt, daß das Doppelzahnriemen 63 unter einer hinreichenden Spannung steht, um die Zwangskopplung zwischen den beiden Unwuchtvibratoren 50 zu gewährleisten. Fig. 3 verdeutlicht auch, daß die Unwuchtexzenter 64 der beiden Unwuchtvibratoren 50 um 180° zueinander versetzt umlaufen. Aus der Zeichnung 3a geht zusätzlich hervor, daß aufgrund der Bewegung des Doppelzahnriemenbandes 63 die Rotationsbewegung der Unwuchtvibratoren 50 gegenläufig ist. Dies führt dazu, daß sich um die jeweils gleichgerichteten Komponenten der Unwuchtkräfte zu einer die Schwingung anregender Kraft addieren, während sich die ungleich gerichteten Komponenten der Unwuchtkräfte jeweils kompensieren.

In Fig. 4 ist der Aufbau des vertikalen Unwuchtvibrationssystems 32 in Ansicht von oben dargestellt. Hier sind jeweils zwei Unwuchtvibratoren 50 in Längsrichtung hintereinander über eine Bovex-Kupplung 99 miteinander verbunden. Die beiden untereinander gekoppelten Unwuchtvibratoren 50 zeichnen sich dadurch aus, daß ihre Exzenter die gleiche Ausrichtung haben. Das daneben liegende Paar längsseitig gekoppelter Unwuchtvibratoren 50 zeichnet sich dadurch aus, daß deren gemeinsame Exzenterausrichtung

genau entgegengesetzt zu der des daneben liegenden Paares ist. Dies führt wieder dazu, daß alle Schwingungsanteile, die in der Papierebene liegen, sich gegenseitig aufheben. Die einzige Schwingungskomponente, die sich durch eine Gesamtaddition ergibt, steht senkrecht zur Papierebene. Die endseitig miteinander gekoppelten Unwuchtvibratoren 50 sind analog zu den horizontalen Unwuchtvibrationssystemen 40 und 41 axial und radial gelagert. Bei der Lagerung der vertikalen Unwuchtvibratoren 50 treten die gleichen Anforderungen wie bei der Lagerung der horizontalen Unwuchtvibratoren 50 auf. Daher gelten die für Fig. 3 gemachten Ausführungen zu den Axial- bzw. Radiallagern 70/52 für die vertikal positionierten Unwuchtvibratoren 50 analog. Am abtriebsseitigen Ende sind die beiden Unwuchtvibratorenpaare analog zu den horizontalen Unwuchtvibrationssystemen 40 bzw. 41 ebenfalls über einen Doppelzahnriemen 63, dessen Spannung über eine Spannrolle 93 sichergestellt ist, zwangsgekoppelt, um die Bewegung der Exzenter zu synchronisieren.

Die Verwendung des Doppelzahnriemens 63 bei den Unwuchtvibrationssystemen 40, 41 und 32 ermöglicht eine genau Justierung der Ausgangsstellung der Vibratorwellen 51 und garantiert während des Betriebes einen schlupffreien Lauf. Der Doppelzahnriemen 63 und die Zahnräder 67 der Unwuchtvibratoren 50 sowie das Zahnrad der Spannrolle 93 und die Axial- sowie Radiallager 70/52 sind auf die hohe Drehzahl abgestimmt. Die bei den Axiallagern 70 eingesetzten Labyrinthringe 68/78 dienen als Schmutzschutz.

Aufgrund der hohen Drehgeschwindigkeiten kommen schleifende Dichtungen nicht in Frage. Als weiterer Schutzfaktor gegen Schmutzeintrag sind die einzelnen Unwuchtvibrationssysteme 40, 41 und 32 zusätzlich mit Deckelhauben bzw. Gehäuseummantelungen 35 bzw. 39 geschützt.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Seriengießanlage
- 2 Formsandkasten
- 3 Rollenfördersystem
- 5 Übergabepunkt Vorsanden
- 6 Übergabepunkt Glätten
- 7 Formsandvorratsbehälter
- 8 Glättautomat
- 9 Übergabepunkt Modell einformen
- 10 Drehbühne
- 11 Segment
- 12 Rütteltisch
- 13 Austauschsegment
- 14 Modell einsetzen Segment
- 15 Vorsanden Segment
- 16 Nachsanden Segment
- 17 Fertigsanden Segment
- 18 Modell
- 19 Transportsystem
- 20 Modelleinsitzer
- 21 Podest
- 22 Drehantrieb
- 23 Übergabepunkt Metall gießen
- 24 Metallgießanlage
- 25 Transportvorrichtung
- 26 Übergabepunkt Gußprodukt ausformen
- 27 Ausformvorrichtung
- 30 Rahmengestell
- 31 Öffnung
- 32 Vertikales Unwuchtvibrationssystem
- 33 Luftkissenfeder
- 34 Grundplatte
- 35 Gehäuse

36 Doppel T-Träger	
37 Trageplatte	
38 Stimplatte	
39 Kasten	
40/41 horizontales Unwuchtvibrationssystem	5
42 Fixiereinrichtung	
43 Vibrationseinheit	
50 Unwuchtvibrator	
51 Vibratorwelle	
52 Radiallager	10
53 Zwischenlager	
54 Radiallagerhülse außen	
55 Radiallagerhülse innen	
56 Wälzkörper	
57 Rotationsachse	15
58 Wälzkörperrotationsachse	
59 erste Stufe	
60 zweite Stufe	
61 dritte Stufe	
62 Lagerdeckel	20
63 Doppelzahnriemen	
64 Unwuchtexzenter	
65 Axialageraufnahme	
66 Nutmutter M25	
67 Zahnrad	25
68 Labyrinthring unten	
69 Wellenscheibe	
70 Axiallager	
71 Axialwälzkörper	
72 Nutmutter	30
77 Buchse	
78 Labyrinthring	
79 Buchse unten	
80 Zwischenscheibe	
81 Wellenscheibe unten liegend	35
82 Zapfen	
83 äußerer Zahnraddeckel	
84 innerer Zahnraddeckel	
89 innerer Spannrollendeckel	
90 äußerer Spannrollendeckel	40
91 Konusspannelement	
92 Nutmutter mit Sicherheitsscheibe	
93 Spannrolle	
97 Schwenkhebel	
98 Spannrollenwelle	45
99 Bovex-Kupplung	

#### Patentsprüche

1. Verfahren zur Serienherstellung von Metallgußteilen mit dem Lost-Foam-Verfahren, bei dem ein Formsandkasten (2) den einzelnen Bearbeitungsstufen: Modell einformen, Metall gießen, Gußprodukt ausformen, zugeführt wird, wobei
  - 1.0 die Zuführung des Formsandkastens (2) zu den einzelnen Bearbeitungsstufen von einem Zuführungssystem (3) mit einem festen Taktzyklus erfolgt;
  - 1.1 die Bearbeitungsstufen den Formsandkasten (2) an speziellen Übergangspunkten (5, 6, 9, 23, 26) vom Zuführungssystem (3) zur Bearbeitung empfangen und am selben Übergabepunkt (5, 6, 9, 23, 26) an das Zuführungssystem (3) zurückgehen und wobei
  - 1.2 die Zuführung des Formsandkastens (2) an eine Bearbeitungsstufe und die Rückgabe des Formsandkastens (2) von dieser Bearbeitungsstufe in einer zeitlichen Reihenfolge stattfindet,

- wonach zunächst der bearbeitete Formsandkasten (2) entfernt und anschließend der zu bearbeitende Formsandkasten (2) zugeführt wird und
- 1.3 die Dauer der Übergabe am Übergabepunkt (5, 6, 9, 23, 26) ein Taktzyklus ist, wobei
  - 1.4 die Übergabe jeweils in einer festgelegten Ausrichtung des Formsandkastens (2) erfolgt und wobei
  - 1.5 die Bearbeitungsstufen in Einzelschritte zerlegt sind, von denen jeder höchstens einen Taktzyklus dauert, und
  - 1.6 die Bearbeitungsstufen (5, 6, 9, 23, 26) in so viele Einzelschritte aufgeteilt sind, daß deren Summe der Bearbeitungszeiten ein ganzzahliges Vielfaches des Taktzyklusses ist, und wobei
  - 1.7 die Einzelschritte auf einem in sich geschlossenen Weg abgearbeitet werden, der am Übergabepunkt (5, 6, 9, 23, 26) beginnt und der nach dem letzten Einzelschritt am Übergabepunkt (5, 6, 9, 23, 26) endet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zu- und Weiterführung mit einem Rollenfördersystem (3) erfolgt.
  3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Formsandkasten (2) an den Übergabepunkten (5, 6, 9, 23, 26) zu den Bearbeitungsstufen in einer Ebene mit dem Zuführungssystem (3) ausgetauscht wird.
  4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Bearbeitungsstufe "Modell einformen" die Bearbeitungsabschnitte "Vorsanden mit Formsand" und "Glätten des Formsandes" ausgegliedert und direkt an das Zuführungssystem (3) gekoppelt sind.
  5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer des Arbeitsabschnittes "Vorsanden mit Formsand" höchstens einem einzigen Taktzyklus entspricht.
  6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitsabschnitt "Glätten des Formsandes" höchstens einen einzigen Taktzyklus dauert.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgesehene Formsandkasten (2) an die Bearbeitungsstufe "Modell einformen" übergeben wird, und daß diese Bearbeitungsstufe in die folgenden Einzelschritte eingeteilt ist:
    - 7.1 "Lost-Foam-Modell (18) in definierter Position einsetzen",
    - 7.2 "Einsanden des eingesetzten Lost-Foam-Modells (18)",
    - 7.3 "Verdichten des Formsandes",
    - 7.4 "Auffüllen des durch Verdichten entstandenen Raumes" im oberen Bereich des Formsandkastens (2),
    - 7.5 "weiteres Verdichten" des Formsandes, "weiteres Auffüllen", "weiteres Verdichten", solange, bis das Lost-Foam-Modell (18) gußgemäß in den Formsandkasten (2) eingeformt ist, wobei
    - 7.6 jeder Einzelschritt der Dauer des Werkstück-austausches am Übergabepunkt (9) entspricht.
  8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsschritte "Verdichten des Formsandes" und "weiteres Verdichten" den einzelnen Formsandbestandteilen über eine allein durch die Massenträgheit und durch die Kontaktkräfte zu den benachbarten Formsandkörnern beschreibbare 3-D-Bewegungen aufgeprägt werden, und daß die 3-D-Bewegung durch rhythmische Anregung zur Schwingbewegung in

den Formsandkasten eingekoppelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelschritte auf einer kreisförmigen drehbaren Arbeitsbühne (10) erfolgen, die in Segmente (11) unterteilt ist, deren Anzahl der Anzahl der Einzelschritte entspricht zuzüglich einem Segment (11) für die Übergabe an das bzw. die Übernahme des Formsandkastens (2) von dem Zuführungssystem (3).

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Lost-Foam-Modell (18) schrittweise zur Arbeitsbühne (10) angeliefert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die schrittweise Anlieferung im Taktzyklus erfolgt wird und daß an ein einziges der Segmente (11) angeliefert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Formsandkasten (2) am Übergabepunkt (23) für die Bearbeitungsstufe "Metall gießen" von einem Transportsystem (25) übernommen und zur Gießposition gebracht wird und in demselben Taktzyklus ein vollgegossener Formsandkasten (2) zum Übergabepunkt (23) zurückgefahren und dort auf das Zuführungssystem (3) zurückgestellt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsstufe "Metall gießen" im Schwerkraftgießverfahren erfolgt, und daß das Metall aus dem Ofen durch einen wiederverwendbaren, einschwenkbaren Eingießtrichter in den Formsandkasten (2) gegossen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Formsandkasten (2) beim sogenannten Niederdruckgießen mittels einer Elektrohängebahn auf einen Niederdruckofen aufgesetzt wird, und daß die beim Niederdruckgießen entstehende Flüssigmetallsäule nach dem Gießen abgefroren wird, um die Gießzeit niedrig zu halten.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungszeit in der Bearbeitungsstufe "Metall gießen" ein ganzzahliges Vielfaches des Taktzyklusses ist.

16. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Öfen an die Dauer des Gießvorgangs in Taktzyklen angepaßt ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Zugriff der einzelnen Transportsysteme (25) der Öfen auf das Zuführungssystem (3) für alle Öfen zeitgleich erfolgt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bearbeitungsstufe "Gußprodukt ausformen" von dem Zuführungssystem (3) in genau definierter Ausrichtung zum Übergabepunkt (26) gebrachten Formsandkästen (2) durch Ausformvorrichtungen (27) von dem Zuführungssystem (3) genommen werden, daß dann das Gußstück jedes Formsandkastens (2) separat festgehalten wird, während der Formsand aus dem Formsandkasten (2) entfernt wird, und anschließend der Formsandkasten (2) am Übergabepunkt (26) wieder auf das Zuführungssystem (3) gestellt und das Gußstück zur Weiterverarbeitung an eine weitere Bearbeitungsstation weitergereicht wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsdauer in der Bearbeitungsstufe "Gußprodukt ausformen" ein ganzzahliges Vielfaches des Taktzyklusses ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Ausformvorrichtungen (27) in der Bearbeitungsstufe "Gußpro-

dukt ausformen" der Dauer des Ausformprozesses in Taktzyklen entspricht.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Zugriff der einzelnen Ausformvorrichtungen (27) zum Ausformen des Gußprodukts für alle Ausformvorrichtungen (27) zeitgleich erfolgt.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der entleerte Formsandkasten (2) von dem Zuführungssystem (3) wieder zum Arbeitsabschnitt "Vorsanden mit Formsand" gebracht wird.

23. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens in mehreren Bearbeitungsschritten nach einem der Ansprüche 1 bis 18, mit einem

23.1 Rollenfördersystem (3), welches die einzelnen Bearbeitungsstufen als Endlosband verkettet, wobei zu jeder Bearbeitungsstufe Übergabepunkte (3, 5, 9, 23, 26) definiert sind, an denen die Formsandkästen (2) von dem Rollenfördersystem (3) zur Bearbeitung abgegeben und nach der Bearbeitung an das Rollenfördersystem zum Weitertransport zurückgegeben werden;

23.2 auf einer mehrfach unterteilten Drehbühne (10), wo das Lost-Foam-Modell (18) gußgemäße Einformen erfolgt, wobei auf jedem unterteilten Segment (11) ein Einformungsabschnitt durchgeführt wird, so daß je Segment (11) ein Formsandkasten (2) bearbeitet werden kann; und mit

23.2.1. einen Rütteltisch (12) auf der Drehbühne (10), der hochfrequente Rüttelbewegungen in alle drei Raumdimensionen ausführen kann;

23.3 einem Rotationstisch (25), welcher der Bearbeitungsstufe "Metall gießen" zugeordnet ist, wo ein frischer Formsandkasten (2) im Austausch gegen einen vollgegossenen Formsandkasten (2) so umgestellt wird, daß ein Zubringersystem (25) den frischen Formsandkasten (2) zur Gießanlage (24) bringt und nach dem Guß von dort zum Rollenfördersystem (3) und mit einer Gießvorrichtung mit welcher,

23.3.1 beim Schwerkraftgießen die Metallschmelze durch einen einschwenkbaren, wiederverwendbaren Eingießtrichter eingefüllt wird bzw.

23.3.2 beim Unterdruckgießen der Formsandkastens (2) auf den Niederdruckofen gestellt wird und mit

23.4 einer Ausformvorrichtung (27) der den in definierter Stellung angelieferten Formsandkasten (2) anhebt und durch einen separaten gesteuerten Roboterarm das in definierter Position befindliche Gußstück hält, während der Formsand ausgeformt wird, um danach das Gußstück an eine weitere Bearbeitungseinheit weiterzureichen, während der entleerte Formsandkasten (2) zurück auf das Rollenfördersystem (3) gestellt wird, mittels dessen

23.5 der Formsandkasten (2) durch das Rollenfördersystem (3) wieder zur Bearbeitungsstufe "Vorsanden mit Formsand" gebracht wird.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei die Drehbühne (10) in so viele Segmente (11) unterteilt ist, wie die gesamte Bearbeitungsstufe in Taktzyklen dauert, plus einem Segment (11) für den Austausch der Formsandkästen (2).

25. Vorrichtung nach Anspruch 23 oder 24, wobei die

Drehbühne (10) in fünf Segmente (11) unterteilt ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 25, wobei den Segmenten (11) in einer bestimmten Stellung jeweils einer der folgenden Arbeitsschritte zugeordnet ist:

Formsandkastenaustausch,

Modell einformen,

Einsanden, Verdichten,

Nachsanden, Verdichten,

Fertigsanden, Verdichten.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß auf jedem Segment (11) ein Rütteltisch (12) steht.

28. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, daß die in allen drei Raumdimensionen ausgeführten hochfrequenten, rhythmischen Schwingungen des Rütteltisches (12) im Bereich von 3 bis 12 kHz liegen.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, wobei die hochfrequenten, rhythmischen, in allen drei Raumdimensionen ausgeführten Schwingungen bei 6 kHz liegen.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 29, mit einem der Drehbühne (10) getragenen Rahmengestell (30), welches von den durch die Vibrationseinheit (43) auf den Formsandkasten (2) aufgeprägten Schwingungen im wesentlichen abgekoppelt ist.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 30, wobei die Vibrationseinheit (43) die hochfrequenten Schwingungen durch drei voneinander unabhängig arbeitende und in einem 3-D-Koordinatensystem wirkende Unwuchtvibrationssysteme (40,41, 32) erzeugt.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, wobei ein Unwuchtvibrationssystem (40,41, 32) mindestens aus zwei miteinander gekoppelten gegenläufigen Unwuchtvibratoren (50) besteht.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 oder 32, wobei die parallelen Unwuchtvibratoren (50) zusätzlich zur Antriebssynchronisation mit 6000 Hz einer Zwangskopplung durch einen Doppelzahnriemen (63) unterworfen sind, der jeglichen auftretenden Schlupf durch formschlüssigen Eingriff an den Vibratorwellen (51) verhindert.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 33, wobei die durch die 3-D-Schwingbewegungen auf die Unwuchtvibratoren (50) wirkenden Kräfte durch die Lagerung der Vibratorwelle (51) in Axial (70)- und Radiallager (52) abgefangen werden.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 34, wobei das Unwuchtvibrationssystem (40,41) aus einem Unwuchtvibratorenpaar (50) besteht, wobei die Unwuchtexzenter (64) der einzelnen Unwuchtvibratoren (50) im Betrieb gegenläufig zueinander rotieren.

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 34, wobei das vertikale Unwuchtvibrationssystem (32) aus zwei Unwuchtvibratorenpaaren besteht, von denen jedes aus zwei gleichachsigen und gleichgerichtet wirkenden Unwuchtvibratoren (50) besteht.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

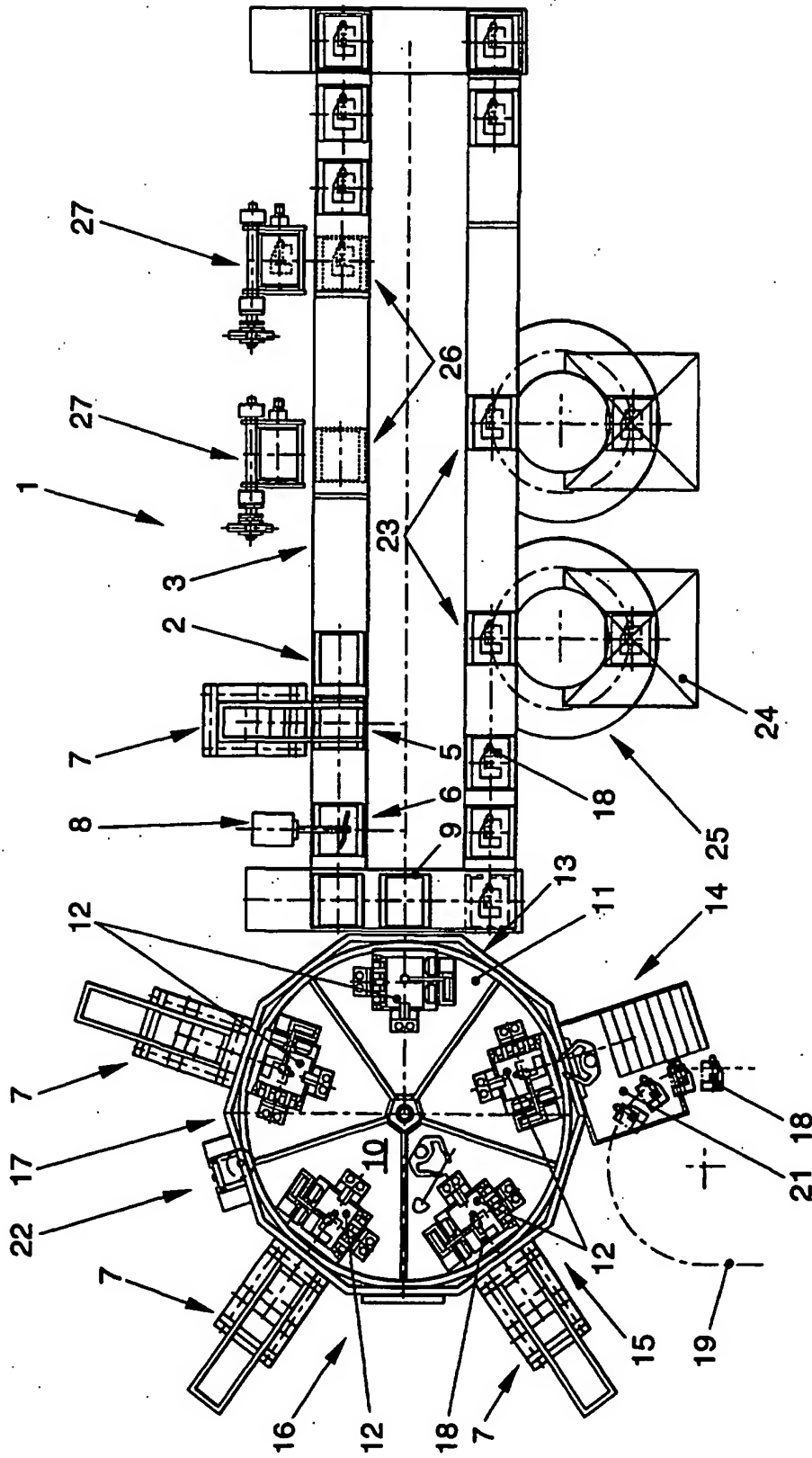


FIG. 1

